

## **АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ОБЪЕМНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ИСКРОВОГО ПЛАЗМЕННОГО СПЕКАНИЯ В СИСТЕМЕ $\text{ZnO-Bi}_2\text{O}_3$**

Циммерман А.И.\*, Шаненкова Ю.Л., Осокина Л.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск, Россия

\*E-mail: [alextsimmer@yandex.ru](mailto:alextsimmer@yandex.ru)

## **ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF OBTAINING BULK CERAMIC MATERIALS USING SPARK PLASMA SINTERING IN THE $\text{ZnO-Bi}_2\text{O}_3$ SYSTEM**

Tsimmerman A.I.\*, Shanenkova Yu.L., Osokina L.V.

Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

The paper shows the fundamental possibility of obtaining ultrafine  $\text{ZnO-Bi}_2\text{O}_3$  composite materials. The use of such a powder composite has a positive effect on the structure of ceramics obtained by spark plasma sintering. Improving the electrical properties of the obtained ceramics is possible due to the direct introduction of other oxide additives into the plasma-dynamic synthesis process.

Оксид цинка – полупроводниковый материал, что позволяет изготавливать на его основе варисторы, используемые для защиты силового оборудования благодаря нелинейности вольт-амперной характеристики (ВАХ) [1]. Получение объемных материалов из нанопорошков, обладающих желаемыми уникальными свойствами, является сложной задачей. В настоящее время существуют различные эффективные методы консолидации порошков, например, горячее прессование, горячее изостатическое прессование, искровое плазменное спекание (ИПС) и другие. Основным преимуществом метода ИПС является его быстроедействие процесса компактирования порошкообразных материалов [2]. В работе рассматривается возможность спекания порошкообразных материалов системы  $\text{ZnO-Bi}_2\text{O}_3$ , полученных методом плазмодинамического синтеза (ПДС) [3] и в коммерческих условиях.

Экспериментальные исследования по получению ультрадисперсного объемного образца из исходного порошка проведены с использованием метода ИПС. Спекание образца производилось в вакууме в графитовой пресс-форме с графитовыми пуансонами диаметром 12,7 мм под давлением 60 МПа и при температуре спекания  $T = 1200^\circ\text{C}$ .

На рисунке 1а приведены SEM-снимки сколов круговых поверхностей коммерческого (I) и ультрадисперсного (II) образцов. Сравнение микроструктуры образцов со всей очевидностью показывает, что использование ультрадисперсных композитных порошков ПДС позволило получить более однородную требуемую микроструктуру в отличие от микроструктуры стандартного образца (I).

На рисунке 1б представлены нелинейные ВАХ полученных керамических образцов. Как видно, коммерческий образец обладает худшими электрическими характеристиками, как с позиции коэффициента нелинейности, так и с позиции величины пробивного напряжения.

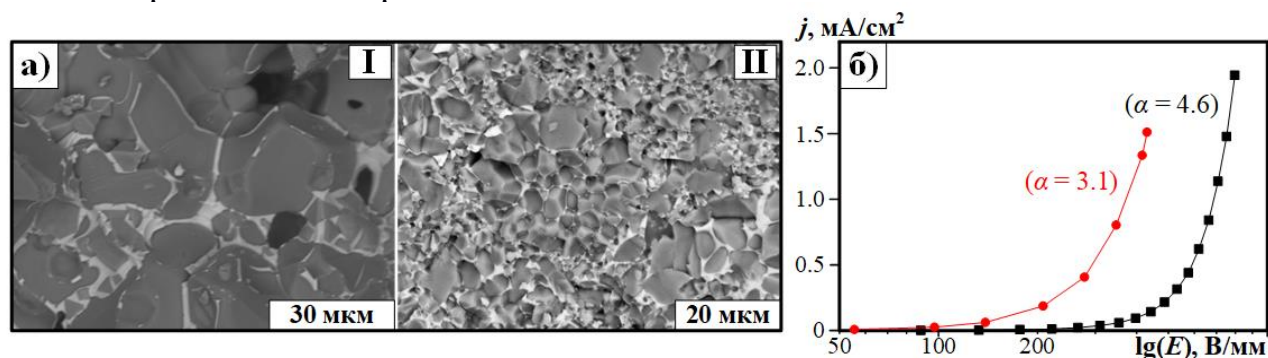


Рис. 1. SEM-снимки спеченной композиционной керамики (Ia – коммерческий образец, IIa – ультрадисперсный образец) и их вольт-амперные характеристики (б)

В работе показана принципиальная возможность получения ультрадисперсных композитных материалов  $\text{ZnO-Bi}_2\text{O}_3$ . Применение такого порошкового композита положительно сказывается на структуре керамики, полученной искровым плазменным спеканием. Улучшение электрических свойств полученной керамики возможно за счет непосредственного введения в процесс плазмодинамического синтеза других оксидных добавок, следовательно, отмеченный способ плазмодинамического синтеза кажется вполне перспективным для создания композитных продуктов.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-32-00115.*

1. Bernik S., Cheng L., Podlogar M. et. al., Ceram. Silik., 62, 8 (2018).
2. Sivkov A., Ivashutenko A. et al., Ceram. Int., 44, 22808 (2018).
3. Sivkov A., Tsimmerman A. et al., J. Phys. Conf., 1115, 042063 (2018).